

# FMEA를 활용한 공동주택 공기단축 영향요인 평가방법에 관한 기초연구

## A Basis Study on Assessment Method of Influence Factors about the Shortening of the Construction Time Applying FMEA in Apartment Housing

하 희 윤\*○      안 병 주\*\*      이 윤 선\*\*\*      김 재 준\*\*\*\*  
Ha, Hee-Yoon      Ahn, Byung-Ju      Lee, Yoon-Sun      Kim, Jae-Jun

### 요 약

최근 국내 건설공사에 있어서 공동주택이 차지하는 비율은 나날이 증가하고 있다. 건설공사에서 공기는 직접적으로 건설사업비에 영향을 미치기 때문에 매우 중요하다. 따라서 국내에서도 공기단축을 위해 많은 노력을 하고 있는 실정이다. 이러한 추세에 따라서 공기를 단축하기 위해서는 공기에 영향을 미치는 중요요인을 분석하고, 도출된 요인들을 효과적으로 평가하기 위한 방법이 필요하다. 본 연구에서는 공동주택의 공기단축에 미치는 영향요인을 평가하는 방법으로 FMEA 기법을 제안하고자 한다.

키워드: FMEA, 공기단축, 공기영향요인, 공동주택

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

21세기 건설산업 경쟁력은 신속화(Speed), 원가절감(Cost), 품질확보(Quality)로 모아지고 있으며, 구조물의 대형화, 고층화에 따라 기존 재래식 공법으로 대응할 수 없는 기술적인 문제점이 많이 대두되고 있어 이러한 문제 해결을 위한 엔지니어링 기술 확립이 요구되고 있다. 또한 최근 공동주택 건설 프로젝트도 대형화, 전문화, 고도화되는 추세로 가고 있으며 대형 건설업체는 다수의 공동 주택 건설을 동시에 수행하고 있다.

건설환경의 주요 변화요인은 건설시장의 개방, 건설 기술/공법의 발전, 고객요구의 다양화, 새로운 제도의 도입 등으로 나타낼 수 있다. 특히 건설공사의 건설사업비에 미치는 영향이 큰 공사기간에 대한 관심이 높아지고 있으

며 공기를 효과적으로 단축하기 위해서는 공기에 영향을 미치는 중요요인을 명확히 분석해야 한다. 따라서 본 연구는 공동주택 건설공사에서 공기의 40~50%<sup>1)</sup>를 차지하는 골조공사의 기준층에 대한 공기단축 영향요인을 분석하고, 도출된 영향요인을 평가할 수 있는 방법론을 제안하려고 한다.

### 1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 국내에서 가장 많이 건설되고 있는 벽식 철근콘크리트 공동주택을 대상으로 하며, 공동주택의 전체공기에 영향이 큰 골조공사를 중심으로 지상 기준층 골조공사로 한정한다.

본 연구의 방법은 다음과 같다.

- (1) 국내·외 공기단축 관련 연구고찰을 통하여 공동주택 공기영향요인 도출한다.(설문 및 인터뷰를 통하여)
- (2) 도출한 공기단축 영향요인을 평가하기 위한 FMEA 기법을 제안한다.
- (3) 제시된 FMEA 기법을 활용하여 예시적으로 공기단축 영향요인을 평가한다.
- (4) FMEA 기법 활용으로 기대효과를 얻을 수 있다.

\* 일반회원, 한양대학교 일반대학원 건축환경공학과 석사과정  
\*\* 일반회원, 전주대학교 건축공학과 조교수, 공학박사  
\*\*\* 일반회원, 한양대학교 일반대학원 건축환경공학과 계약교수, 공학박사  
\*\*\*\* 종신회원, 한양대학교 일반대학원 건축환경공학과 교수, 공학박사 (교신저자)

본 연구는 과학기술부 우수연구센터육성사업인 한양대학교 친환경 건축 연구센터의 지원으로 수행되었음(R11-2005-056-03001)

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 선행연구 검토 및 동향

기존 공동주택 골조공사의 기준층 공정에 대한 주요 연구와 골조공사의 공기단축에 관한 연구는 활발히 진행되어 왔다. 그러나 공기단축 영향요인 중 잠재적인 위험요인을 중점 관리하는 연구는 미흡하였다.

또한 기존의 FMEA와 관련된 연구는 제조업과 관련된 분야에서 주로 수행되었으며, 주로 품질 시스템과 고장 분석 등에 대한 연구가 수행되었다. 건설분야에서는 건설업에서의 FMEA 적용방안 연구와 FMEA를 이용한 초고층 공기영향요인 평가에 대한 연구가 있으나 FMEA를 활용하여 공동주택의 공기단축 영향요인에 대한 연구를 수행한 사례는 없는 것으로 나타나고 있다.

표 1. 공기영향 요인 및 FMEA 관련 연구동향

구분	저자	주요 결과
공기영향요인	한중관 (2003)	공기지연 원인들을 시공자 입장에서 규명하고, 각 공종별로 주요 공기지연 원인과 함께 국내 업계의 현황을 분석함.
	한충희 (2004)	골조공사의 기준층을 분석하여 공기에 영향을 미치는 요인을 규명하여 공기단축방안을 제시하고자 함.
	김선엽 (2005)	각 기업의 일반 공기 산출기준을 검토하여 공기에 영향을 미치는 제반요소를 검토하여 이에 따른 공기단축요소를 찾는 데 목적을 제시함.
	류한국 (2005)	건축공사 공사기간 비교와 공사기간 산정기준을 통하여 공기단축과 공기경쟁력 확보를 위한 가능성을 제시하고자 함.
FMEA	김윤성 (2002)	Process FMEA를 건설업의 시공분야에 적용하여 품질향상의 신뢰성을 높이고, 기초자료로 활용 가능한 기본 DATA를 축척할 수 있도록 방안 제시함.
	홍영탁 (2004)	초고층 건축시공의 공기영향요인을 살펴보고, 공기영향을 평가할 수 있는 프로세스를 제안하여, 공기초과 위험을 저감하는 목적을 제시함.
	김기국 (2006)	FMEA기법을 이용하여 초고층 건축시공에 있어서의 주요위험 증가요인을 평가하기 위한 모델 개발 방법론을 제시함.
	박찬종 (2006)	FMEA를 활용하여 작업 중 중요위험요소를 도출해 내어 중점관리 하는 방법을 제시함.

### 2.2 공동주택 건축공기 특징

대부분의 공동주택 건축물은 발주자의 사업 계획에 맞추어 프로젝트를 완료하여야 하는 경우가 많다. 따라서 프로젝트를 계획안에서 완수하기 위해서는 공종별 공기를 계획안에서 완수하여야 한다.

공동주택의 골조공사의 경우 구조변위를 제어하기 위한 구조층을 제외하면 동일한 평면이 반복이 되는 특징이 있다. 따라서 한층당 소요되는 작업시간이 전체 공기를 좌우한다고 할 수 있다. 본 연구에서는 한 층의 작업을 완성하는데 소요되는 기간을 기준층이라 명명한다.

### 2.3 공동주택 공기단축 영향요인 도출

공동주택 프로젝트의 위계에서 보면 대공종은 소공종의 조합으로 구성된다. 즉 철근콘크리트 골조공종은 거푸집작업, 철근작업, 콘크리트작업 등과 같은 소공종의 조합으로 구성된다. 또한 각 소공종은 다양한 작업들로 구성된다.

철근콘크리트 골조공사는 측량, 거푸집, 철근, 콘크리트,

설비작업 등 각 소공종의 단위공기가 기준층 공기를 결정한다. 따라서 철근콘크리트 골조공종의 공기단축에 미치는 영향요인들은 공종별로 기존 연구에서 도출하여 전문가에 설문문을 통하여 정리하였으며 잠재적인 영향요인 평가 프로세스에 적용하였다.

표 2는 공동주택 골조공사시 콘크리트 작업에서 공기단축에 미치는 영향요인을 도출한 것이다.

이처럼 다른 공종에서도 각각의 영향요인을 도출할 수 있다.

표 2. 콘크리트 작업시 공기단축 영향요인

작업명	공기단축 영향요인
콘크리트 타설	· 레미콘 자재조달 불안정
	· 교통체증에 따른 레미콘 도달시간 지연
	· 조기강도 발현이 지연되어 후속작업의 조속한 시행이 어려움
	· 수화열 관리에 따른 양생시간 추가 소요
	· 동절기 콘크리트 작업의 어려움
· 다짐에 대한 작업자 품질의지 미흡	

### 2.4 FMEA(Failure Mode Effect Analysis) 기법

FMEA기법은 일반적으로 “고장모드 및 영향해석기법”이라고 부르고 있다. 제조업 분야에서 활용되기 시작한 FMEA 기법은 위험의 우선순위가 높은 소수의 항목에 관리를 집중함으로써, 실패의 발생을 방지하고, 그 영향을 최소화하는 기법으로써<sup>2)</sup> 고장의 물리적 형태, 고장을 야기시킨 과정과 결과에 중점을 두어 고장을 사전에 예방하고자 하는 기법이다.

일반적으로 FMEA 기법은 잠재된 위험요인에 대해 심각도(Severity), 발생도(Occurrence), 검출도(Detection)를 평가한다. 심각도는 실패가 발생했을 경우 결과의 치명도를 말하며, 발생도는 실패가 발생하는 빈도를 말한다. 그리고 검출도는 발생된 결함을 고객이 발견할 수 있는 가능성을 말하며, 이 세 가지 요인의 곱의 결과로 위험 우선순위(Risk Priority Number, RPN)을 평가한다. 이를 통해 중점 위험요인을 평가 및 발굴하는 것이 FMEA 기법의 핵심이다.

## 3. FMEA 기법을 이용한 공동주택 공기단축 영향요인 평가 방법

### 3.1 공동주택 공기단축 영향요인 평가 프로세스 제안

그림 1은 본 연구에서 제안하는 공동주택 공기단축 영향요인 평가 프로세스를 도식한 그림이다. 프로젝트 착수 전, 기준층을 구성하는 작업에 미치는 공기단축 영향요인을 도출하여 리스트를 작성한다. 도출한 영향요인에 대한 심각도, 발생도, 영향도를 평가한 후, RPN을 평가한다. RPN값이 높은 요인이 잠재된 위험요인이며, RPN값을 저감시키기 위해 공정계획을 수정하거나 위험발생 방지를 위한 대책을 수립한다.

프로젝트 착수 후에는 RPN이 높은 항목의 위험요인이

실제로 발생하였는지 확인하고 위험요인이 발생하였다면 사전에 수립한 대책이 효과가 있었는지 평가한다. 만일 평가되지 않은 새로운 위험요인이 발생하였다면 발생한 공기초과 위험요인은 그 특성을 파악하여 차후 유사 프로젝트의 평가에서 누락되지 않도록 한다.

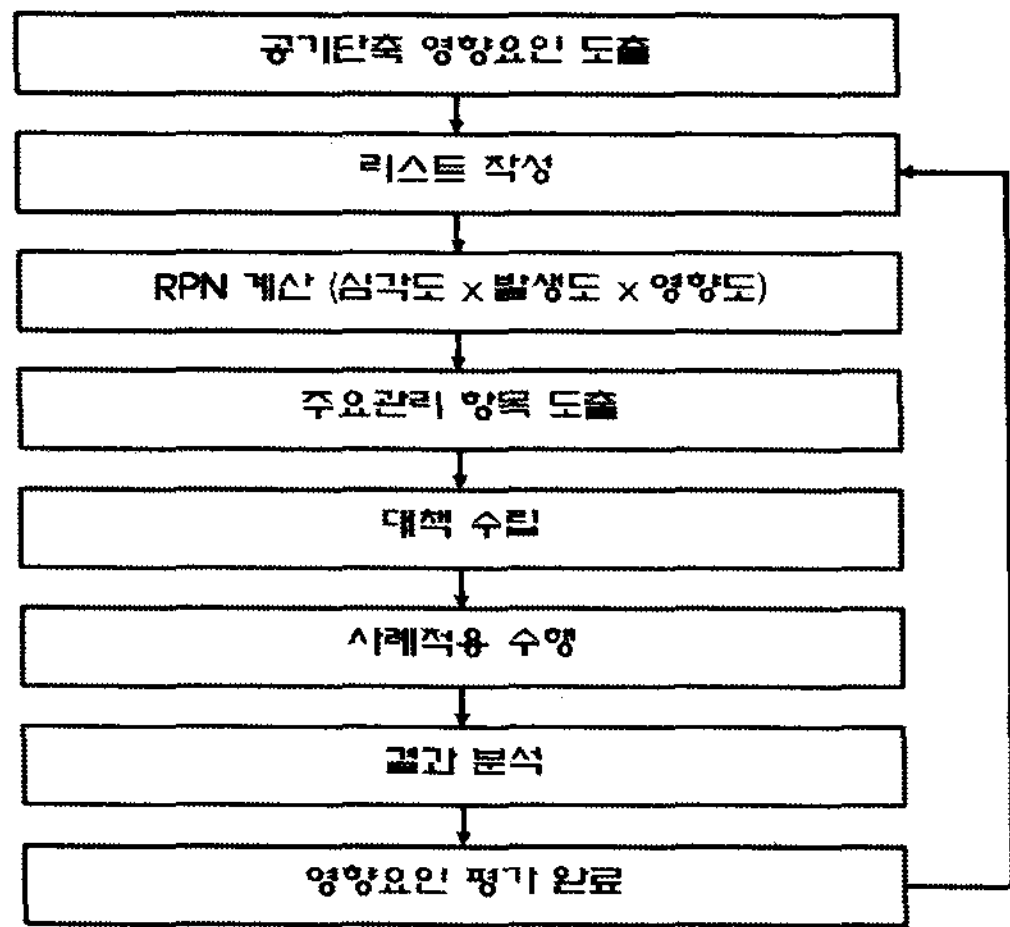


그림 1. 공동주택 공기단축 영향요인 평가 프로세스

### 3.2 FMEA 평가방법 및 예시

#### (1) 평가방법

일반적으로 FMEA 기법에서 기준층 공기단축 영향요인에 대한 평가척도는 10점 척도를 사용하여 평가한다. 본 연구에서 제안하는 잠재 위험에 대한 구체적인 평가척도는 다음과 같다.

#### ① 심각도(Severity)

심각도는 잠재된 위험 발생 시, 예상되는 공기초과의 만회 가능성을 추가비용과 연계하여 평가하는 것이다. 공기초과 정도는 위험이 발생한 단위 작업에만 해당되며, 후속작업의 초과정도는 포함하지 않는다. 심각도 평가척도는 다음과 같다.

표 3. 심각도(Severity) 평가 기준표

위험발생 심각도	기준: 영향의 심각도 정도	등급
높음	작업시간과 추가비용 절대적 희박함	10
	작업시간과 추가비용 모두 어려움	9
매우 높음	대규모 작업시간 연장과 대규모 추가비용이 요구됨	8
	작업시간 연장과 대규모 추가비용이 요구됨	7
보통	중규모 작업시간 연장과 중규모 추가비용이 요구됨	6
	소규모 작업시간 연장과 소규모 추가비용이 요구됨	5
	작업시간 연장과 소규모 추가비용이 요구됨	4
낮음	작업시간은 연장하여야 하지만 추가비용은 다소 발생함	3
	작업시간은 연장하여야 하지만 추가비용은 발생하지 않음	2
매우 낮음	만회가 가능함	1

#### ② 발생도(Occurrence)

발생도는 잠재된 위험의 발생 가능성이 얼마나 높은지 평가하는 것이다. 따라서 발생도의 평가는 다음과 같다.

표 4. 발생도(Occurrence) 평가 기준표

위험발생 가능성	기준: 발생가능 정도	등급
매우 높음	위험발생 가능성이 거의 필연적임	10
	위험발생 가능성이 매우 높음	9
높음	위험발생 가능성이 높음	8
	위험발생 가능성이 다소 높음	7
보통	위험발생 가능성이 그다지 높지 않음	6
	위험발생 가능성이 보통임	5
	위험발생 가능성이 그다지 낮지 않음	4
낮음	위험발생 가능성이 다소 낮음	3
	위험발생 가능성이 낮음	2
매우 낮음	위험이 거의 발생치 않음	1

#### ③ 영향도(Influence)

영향도는 잠재 위험 발생 시, 발생된 위험이 후속 공종에 주는 영향 정도를 평가한다. 위험 발생 시, 비록 심각도는 작더라도 전체공기의 진행에 큰 영향을 미치는 요인은 중점 관리되어야 한다. 영향도의 평가척도는 다음과 같다.

표 5. 영향도(Influence) 평가 기준표

위험발생 영향도	기준: 영향도는 연속/후속 공종에 영향을 미치는 정도	등급
절대적으로 큼	문제가 해결되지 않으면 후속 공종을 진행할 수 없음	10
매우 큼	후속 공종에 미치는 영향이 매우 큼	9
큼	후속 공종에 미치는 영향이 큼	8
다소 큼	후속 공종에 미치는 영향이 다소 큼	7
보통	후속 공종에 미치는 영향이 보통임	6
작음	후속 공종에 미치는 영향이 작음	5
매우 작음	후속 공종에 미치는 영향이 매우 작음	4
희박	후속 공종에 미치는 영향이 희박함	3
매우 희박	후속 공종에 미치는 영향이 매우 희박함	2
거의 희박	문제가 발생하여도 후속공종의 진행과 별 관련이 없음	1

#### ④ RPN (Risk Priority Number)

RPN은 심각도, 발생도, 영향도 값의 곱으로 잠재 위험의 위험도 순위를 도출할 수 있고, 순위에 따른 대책마련의 기초 자료가 될 수 있다.

#### (2) 예시

표 6은 공동주택 골조공사 철근콘크리트 작업시 공기단축 영향요인을 FMEA SHEET에 적용하여 작성한 것이다. 위험순위가 높은 순서로 보아 현장 주변 여건을 반영한 교통문제와 현장 진입에 많은 장애요소가 있음을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서 제안한 기법을 이용하여 RPN이 높은 소수의 항목에 관리를 집중한다면 공기초과 발생을 최소화 할 수 있을 것으로 판단된다.

공동주택 건축시공시 공기관리를 실시함에 있어 모든 요소를 관리하는 것은 매우 어려운 작업이다. 따라서 이와 같은 방법으로 선별된 위험관리 요인에 대한 집중적인 관리를 실시하게 된다면 효율적인 공기단축 영향요인 관리의 한 방법이 될 수 있을 것이다.

표 6. 철근콘크리트공사 기준층 공기단축 영향요인  
FMEA SHEET SAMPLE

작업명	공기단축 영향요인	심각도	발생도	영향도	RPN	위협순위
콘크리트 타설	· 레미콘 자재조달 불안정	5	5	7	175	2
	· 교통체증에 따른 레미콘 도달시간 지연	5	5	6	150	3
	· 조기강도 발현이 지연되어 후속작업의 조속한 시행이 어려움	5	5	5	125	4
	· 수화열 관리에 따른 양생시간 추가 소요	4	5	6	120	5
	· 동절기 콘크리트 작업의 어려움	6	6	7	252	1
	· 다짐에 대한 작업자 품질의지 미흡	4	5	5	100	6

#### 4. 결론

본 연구에서는 공동주택 건축시공에서 공기단축 영향요인을 평가하기 위한 한 방법으로, FMEA 기법을 이용하여 평가 프로세스를 제안하였다. 본 연구는 기준층 공기단축 영향요인 평가를 골조공사에 집중하여 수행하였지만 향후 본 연구에서 제안한 기법은 지하 골조 공종과 마감공사까지도 적용 가능할 것으로 판단된다.

또한 향후 본 연구에서 제안한 방법을 기초로 하여 골조공사의 전 작업을 대상으로 공기단축 영향요인을 평가할 수 있는 연구가 지속되어야 할 것이며, 평가 프로세스를 보다 정확하고 용이하게 수행하기 위해서 공기단축 영향요인을 DB화 하여 전산화된 평가 시스템에 관한 연구도 지속적으로 수행되어야 할 것이다.

그러나 본 연구의 한계로는 RPN의 평가가 정성적이기 때문에 평가자에 따라 다르게 나타날 수 있다. 따라서 실무경력 20년 이상의 전문가의 인터뷰 및 설문을 토대로

구체적인 기준을 마련하여야 할 것이다.

또한 본 논문에서 제안하는 공기단축 영향요인 평가의 방법으로 FMEA를 적용하면 다음과 같은 기대효과를 얻을 수 있다. 공동주택 공사에서 공기지연은 셀 수 없이 많이 존재한다. 이 모든 영향요인을 관리하는 것은 사실상 불가능하다고 말할 수 있다. 공기단축에 영향을 미치는 요인 중 영향도가 큰 소수의 영향요인에 관리를 집중하여야 할 필요가 있으며 FMEA 기법을 통해 공기영향 요인의 위험이 소수의 요인을 도출하여 이를 집중 관리함으로써 공기단축을 위한 공기관리를 효과적으로 실시 할 수 있다.

#### 참고문헌

1. 김기국 외(2006), "FMEA 기법을 이용한 초고층 건축시공의 원가 증가요인 평가모델의 개발 방법론 연구", 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, pp. 507-510.
2. 김선엽 외(2005), "국내 건설 업체 공기산정 기준 및 영향요인 연구", 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 제 5회, pp. 447-450.
3. 김윤성 (2002), "건설업에서의 시공 FMEA적용 방안 연구", 한국건설학회 학술발표대회 논문집, 제3호, pp. 271-274.
4. 지근창 외(2006), "건설공사의 작업지연 원인분석방법", 한국건설관리학회 논문집, 제5권 5호, pp. 131-136.
5. 한종관 외(2003), "시공자 중심의 주요 공종별 공기지연 원인분석에 관한 연구", 대한건축학회논문집(구조계), 제19권 3호, pp. 163-170.
6. 한충희 외(2004), "아파트 골조공사의 공기단축 및 효과적 공정운영 방안", 한국건설관리학회 논문집, 제5권 4호, pp. 87-96.
7. 홍영탁 외(2005), "FMEA를 이용한 초고층 건축시공의 공기영향요인 평가", 대한건축학회논문집(구조계), 제10권 20호, pp. 183-192.

1) 대한주택공사, 동절기 공사불능기간의 효과적 운영방안에 관한 연구, 2003.6. P19.

2) Pyzdek.T.,The Six Sigma Handbook, McGraw-HILL, 2003

#### Abstract

Recently, The percentile of the apartment housing within the apartment construction of domestic is increasing daily. Especially the construction duration in apartment construction is an very important factor which affects project cost. Therefore the construction companies the effort to shorten construction duration. The influence factors of the construction duration are analyzed to shorten construction duration through this tendency. The shown factors are needed to assessment method efficiently. This study is to suggest a method for the assessment of influence factors about the shortening of the construction time in apartment housing based on the FMEA(Failure Mode and Effect Analysis) method.

Keywords : FMEA, Shortening of the Construction Time, Time Influence Factor, Apartment Housing